

Untersuchungen zur Keimdrüsenbelastung
der Bevölkerung durch röntgendiagnostische
Maßnahmen am Städtischen Krankenhaus
rechts der Isar, München
und der Städtischen Urologischen Klinik, München

von

KARL FALTENBACHER

Aus dem Institut und der Poliklinik
für Physikalische Therapie und Röntgenologie
der Universität München

Direktor: Professor Dr.H.v.Braunbehrens
und der Röntgen-Abteilung des
Allgemeinen Krankenhauses rechts der Isar,München
Chefarzt: Priv.Doiz.Dr.F.Ekert

Untersuchungen zur Keimdrüsenbelastung der Bevölkerung
durch röntgendiagnostische Massnahmen am
Städtischen Krankenhaus rechts der Isar,München
und der
Städtischen Urologischen Klinik,München.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktor-Würde
verfasst und einer hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München
vorgelegt
von Karl Faltenbacher
aus Rosenheim
1959



Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität
München

Referent: Priv.Doiz.Dr. F. E. S t i e v e

Korreferent: Professor Dr. H. v. B r a u n b e h r e n s

Dekan: Prof. Dr. K. K o l l e

Tag der mündlichen Prüfung: 16. 6. 59.

Meinen lieben Eltern
in Dankbarkeit gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung und Problemstellung.....	Seite 7
2.	Eigene statistische Erhebungen.....	11
2.1	Die Frequenz der Krankenhausaufnahmen.....	11
2.2	Röntgendiagnostische Frequenzen.....	13
3.	Eigene Messungen der Gonadendosis.....	19
3.1	Erläuterung der Technik der Messungen.....	21
3.2	Bemerkungen zur Technik der durchgeführten Röntgenuntersuchungen.....	23
3.3	Darstellung der Messergebnisse.....	23
3.4	Diskussion der Messergebnisse.....	33
4.1	Berechnung und Abschätzung der gesamten Strahlenbelastung im Allgem.Krankenhaus re.d.I.....	36
4.2	Berechnung und Abschätzung der gesamten Strahlenbelastung in der Urologie,Krkh.re.d.I.....	38
5.	Folgerungen zur Gesamtsituation.....	40
6.	Zusammenfassung.....	41
7.	Schrifttum.....	43
	Lebenslauf.....	47

Tabellenverzeichnis

Tabellen 1-4.	Verteilung der gesamten Krankenhaus- aufnahmen auf Alters- und Geschlechts- gruppen	Seite 10
Tabelle 5.	Prozentuale Verteilung des Patienten- gutes auf Alters- und Geschlechts- gruppen Krkh.re.d.J.	11
Tabelle 6.	Prozentuale Verteilung des Patienten- gutes auf Alters- und Geschlechts- gruppen Urologie, Krkh.re.d.J.	12
Tabelle 7.	Alters- und Geschlechtsverteilung der Patienten in Krankenhäusern (Vergleich mit der Literatur)	13
Tabelle 8.	Aufgliederung der Röntgenuntersuchungen am Krankenhaus re.d.J.	15
Tabelle 9.	Aufgliederung der Röntgenuntersuchungen an der Urologie, Krkh.re.d.J.	16
Tabelle 10.	Vergleich der Untersuchungsfrequenzen mit der Literatur	16
Tabelle 11.	Häufigkeit der verschiedenen Röntgen- untersuchungen auf 100 Patienten der einzelnen Altersgruppen, Krkh.re.d.J.	17
Tabelle 12.	Häufigkeit der verschiedenen Röntgen- untersuchungen auf 100 Patienten der einzelnen Altersgruppen, Urol.Krkh.re.d.J.	18
Tabelle 13.	Eigene Messergebnisse	24-31
Tabelle 14 u.15.	Zusammenstellung der Durchschnitts- werte aus eigenen Messungen und Vergleich mit den von S e e l e n t a g angegebenen	32
Tabelle 16.	Berechnung der Gonadenbelastung am Krankenhaus re.d.J.	36-37
Tabelle 17.	Berechnung der Gonadenbelastung an der Urologie, Krkh.re.d.J.	39



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555228_0030

1. Einleitung und Problemstellung.

Durch die Entwicklung der Technik unseres Jahrhunderts, die praktische Anwendung der Kernphysik und die Versuche, diese in immer grösserem Ausmass in den Dienst der Menschheit zu stellen, wurden in jüngster Zeit die Warnungen über die zwiespältigen Auswirkungen dieser neuen Errungenschaft auf die gesamte menschliche Gesellschaft, auch aus den Kreisen ihrer eigenen Erforscher, immer eindringlicher.

Zusammen damit gewann in den letzten Jahren die genetische Forschung zunehmend an Bedeutung. Diese lenkt unsere Aufmerksamkeit auf für die Allgemeinheit wenig hervortretende Vorgänge im Bereich des biologischen Geschehens, die Auswirkungen ionisierender Strahlen auf die Vererbung.

Gestützt auf Erfahrungen aus der Radiotherapie, auf Vorkommnisse bei gewerblicher Besehäftigung einzelner Personengruppen mit ionisierenden Strahlen, auf Beobachtungen der Folgen bei Atom-bombenabwürfen und zum überwiegenden Teil auf Tierversuche, zeigt dieser Forschungszweig bisher wenig beachtete Gesichtspunkte auf und zwar in etwas problematischer Sicht: Bis zum heutigen Zeitpunkt ist es durch den zwangsläufigen Gang dieser Forschung, der sich auf lange Zeit hin erstrecken muss, nicht möglich, exakte Aussagen über die genetischen Auswirkungen der Strahlen zu machen. Andererseits könnten, trotz vorsichtiger Beurteilung ihrer wissenschaftlich unsicheren Basis, die Folgen hinsichtlich der Schädigung des Erbgutes für die Menschheit auf Generationen gesehen eventuell so schwerwiegend werden, dass man sich den Warnungen nicht verschliessen kann. "Daher sind wir gezwungen viele Hypothesen von zweifelhafter Gültigkeit aufzustellen, und unsere Schlüsse müssen als vorläufig angesehen und mit Reserve behandelt werden. Ein wesentlicher Teil zukünftiger Studien muss in der Sammlung detaillierter, einschlägiger, statistischer Unterlagen bestehen." (6)

Während seiner ganzen Stammesgeschichte ist der Mensch, wie über-

haupt jeder lebende Organismus, minimalen, aber ständig einfallenden Dosen ionisierender Strahlen ausgesetzt gewesen. Unter dem Begriff dieser "natürlichen Strahlenbelastung" fassen wir kosmische Strahlung, terrestrische Strahlung und die Eigenstrahlung zusammen, die aus inkorporierten, radioaktiven Stoffen stammt. (6) Mit dieser "natürlichen Strahlung" befindet sich das Leben auf unserem Planeten also seit Jahrmillionen im biologischen Gleichgewicht. Der Schluss liegt nahe, dass erhebliche Verschiebungen dieses biologischen Gleichgewichtes etwa durch eine wesentliche Erhöhung des Strahlenpegels katastrophale Wirkungen auf Bestand und Form des Lebens haben können. Nun hat der Mensch des 20. Jahrhunderts diese natürliche Strahlenbelastung durch künstliche Strahlenquellen nicht unerheblich vermehrt, wobei die Höhe und die damit verbundene Gefahr augenblicklich nicht genau abzuschätzen ist. Dass diese "Zusatz-Strahlung", bedingt durch die fortschreitende technische Entwicklung, fortwährend im Zunehmen begriffen ist, dürfte keine reine Vermutung sein. Darüber ist man sich aber trotz mancher Unklarheiten einig, dass nicht abgewartet werden kann, bis sich diese Gefahr irreversibler Genmutationen am Bestand der Menschheit zeigt. Die Zurückverfolgung dieser Mutationsprozesse würde dann die ersehnte Klarheit bringen, doch für eine wirksame Hilfe wäre dieser Zeitpunkt zu spät. (12, 13, 20, 23, 26, 29) Seit einiger Zeit besteht kein Zweifel mehr, dass der grösste Teil dieser zusätzlichen Strahlung auf das Konto der in der Medizin verwendeten ionisierenden Strahlung kommt. (6) Ist durch die zunehmende technische Vervollkommnung der Röntgendiagnostik und -therapie auch der Einzelne einer persönlichen Gefahr nicht mehr in dem Mass wie früher ausgesetzt, so betrifft diese Belastung doch einen grossen Teil der Menschheit mit grosser Regelmässigkeit und stellt in ihrer Summation durch Generationen einen bedeutenden Gesichtspunkt für diese Überlegungen dar. Besonders von englischer und amerikanischer Seite wurde in jüngster Zeit immer wieder auf die Bedeutung ionisierender Strahlen in ihrer Verwendung in der Medizin hingewiesen, und daher stammen auch die ersten, statistischen und experimentellen Untersuchungen. So wird die Strahlenbelastung der Gonaden des Bevölkerungsdurchschnittes durch die Röntgendiagnostik in England auf 22% der aus natürlichen Quellen stammenden Belastung berechnet. (6)

Rechnet man diese zu $3r/30$ Jahre, so ergibt sich pro Kopf der Bevölkerung eine zusätzliche Belastung der Gonaden von 0,66r während 30 Jahren.

Für amerikanische Verhältnisse geben L a u g h l i n und P u l l m a n (19) eine wahrscheinliche Dosis von 5, plus oder minus $3r/30$ Jahre, an, einen Wert also, der ungefähr der natürlichen Strahlenbelastung entspricht. Somit liegt diese Schätzung erheblich über der englischen.

Diese unterschiedlichen Ergebnisse in der Berechnung der Gonadenbelastung dürften ihre Ursache in der verschiedenen Struktur der einzelnen Gebiete der Medizin und damit in der verschiedenen Anwendungsweise der Röntgendiagnostik beider Länder haben. In Deutschland sind möglicherweise noch andere Voraussetzungen gegeben. Ausserdem gehen die statistischen und experimentellen Verfahren zur Ermittlung dieser Werte verschiedene Wege. Zum Teil sind die Untersuchungen noch nicht ausgedehnt genug, um als repräsentativ angesehen werden zu können.

Deshalb hat die internationale Kommission für Strahlenschutz (ICRP) auch angeregt, in möglichst vielen Kulturländern Erhebungen anzustellen, um zu gültigen Vergleichswerten zu kommen. Für deutsche Verhältnisse wurden die Verfahren zur Ermittlung der statistischen und experimentellen Grundlagen von S e e l e n t a g (30,32) modifiziert. Sie liegen im wesentlichen auch dieser Arbeit zugrunde. Im übrigen ist in dieser Arbeit eine ausführliche Diskussion der Grundlagen unserer Überlegungen gegeben, auf die deshalb hier verwiesen werden kann.

Nachdem S e e l e n t a g u.M. in der oben angeführten Arbeit Zahlen mitgeteilt haben, die für Universitätskliniken auf dem Gebiet der inneren Medizin als repräsentativ gelten dürfen, wurde dem Verfasser dieser Arbeit die Aufgabe gestellt, Zahlen aus einem grossen gemeindlichen Krankenhaus zu gewinnen, die für Häuser dieser Art, bestehend aus einer inneren und einer chirurgischen Abteilung, als repräsentativ genommen werden dürfen. Die Untersuchungen wurden deshalb am grössten städtischen Krankenhaus Münchens, dem Krankenhaus rechts der Isar, durchgeführt und umfassen den Zeitraum eines Jahres, vom 1.4.1956 bis 1.4.57. Die statistischen Unterlagen und röntgendiagnostischen Frequenzen für die im gleichen Krankenhaus befindliche städtische urologische Klinik wurden getrennt davon untersucht.

Tabelle 1. Aufgliederung des Patientengutes nach Alter und Geschlecht, Krkh. re. d. I. München.

Gesamt- zahl	Männer						Frauen						üb.45 Jahre
	gesamt	14-20	21-30	31-35	36-40	41-45 Jahre	gesamt	14-20	21-30	31-35	36-40	41-45 Jahre	
12175	6412	716	1039	398	342	465	5763	653	744	383	307	399	3277
<u>Tabelle 2. Anteil der genetisch bedeutsamen Altersgruppen, Krankenhaus re.d.I.München.</u>													
% d.ges. Krankenh.- Aufnahmen	Männer	14-40 Jahre	Frauen	14-35 Jahre	gesamt	Männer und Frauen	14-30 Jahre	gesamt					
		20,2%		14,4%	34,6%	14,2%	11,3%	25,5%					

Tabelle 3. Aufgliederung des Patientengutes nach Alter und Geschlecht, Urol. Krkh. re. d. I. München.

Gesamt- zahl	Männer						Frauen						üb.45 Jahre	
	gesamt	14-20	21-30	31-35	36-40	41-45 Jahre	gesamt	14-20	21-30	31-35	36-40	41-45 Jahre		
2059	1292	43	94	81	74	69	931	767	36	146	93	71	87	334
Tabelle 4. Anteil der genetisch bedeutsamen Altersgruppen, Urologie, Krkh.re.d.I.München.														
% d.ges. Krankenh.- Aufnahmen	Männer	14-40 Jahre	Frauen	14-35 Jahre	gesamt	Männer und Frauen	14-30 Jahre	gesamt						
		14.1%		13.2%	27.3%	6.6%	8.7%	15.3%						

2. Eigene statistische Erhebungen.

2.1 Die Frequenz der Krankenhausaufnahmen.

Das Allgemeine Krankenhaus rechts der Isar verfügt über eine Zahl von 1050 Betten, die sich auf chirurgische, innere und einige kleinere Abteilungen, wie Neurologie und Hals-Nasen-Ohren verteilen. Auf eine nach diesen Abteilungen getrennte Gliederung des Patientengutes musste verzichtet werden, da diese Ermittlungen, bei der dort üblichen Registrierung der Bettenbelegung, erhebliche Schwierigkeiten bereitet hätte. Die Altersgruppe 0 bis 14 Jahre weist, wie wohl überhaupt an allgemeinen Krankenhäusern, eine äusserst geringe Frequenz auf, zumal in München mehrere Fachkliniken für Kinder zur Verfügung stehen. Sie wurde deshalb ausser Acht gelassen. Zudem dürfte die Gonadenbelastung infolge des Habitus dieser Gruppe grosse Unterschiede zu der von Erwachsenen aufweisen, sodass diese statistischen Werte besser den Kinder-Fachkliniken entnommen werden, wobei auch entsprechende Dosis-Messwerte zur Verfügung stehen müssen.

Tabelle 5. Altersverteilung der Patienten im Krankenhaus rechts der Isar, München.
Anteil der Geschlechts- und Altersgruppen am gesamten Patientengut, dieses = 100%.

Alter	Männer	Frauen	gesamt
14-20 Jahre	5,8%	5,3%	11,1%
21-30 "	8,4%	6,0%	14,4%
31-35 "	3,3%	3,1%	6,4%
36-40 "	2,7%	2,4%	5,1%
41-45 "	3,7%	3,2%	6,9%
üb.45 "	28,5%	27,6%	56,1%
Gesamt	52,4%	47,6%	100,0%

Die detaillierte Altersaufgliederung der Krankenhausaufnahmen beider Geschlechter nach Seelentag u.M. (30) wurde auch in den folgenden Tabellen verwendet, da es beim Anlegen einer derartigen Statistik keine wesentliche Mehrarbeit bedeutet, einige Altersgruppen mehr anzuführen. Die Tabellen erlauben dadurch aber beliebige Alterszusammenstellungen, wie dies für die genetisch bedeutsamen Altersgruppen gemacht wurde. Tabelle 1 zeigt die Verteilung der gesamten Patienten (in diesem Jahr 12 175 Krankenhaus-

Aufnahmen) auf die einzelnen Altersgruppen, unterschieden nach Geschlechtern. Dabei nimmt die Gruppe über 45 Jahre, die für genetische Fragestellungen ohne Bedeutung ist, über die Hälfte der gesamten Patientenaufnahmen ein.

Diese Gliederung in prozentualen Werten des gesamten Patientengutes gibt Tabelle 5.

Für unsere Zwecke, also zur Erfassung der genetisch wichtigen Altersgruppen, deren Festlegung aus den Unterlagen des Bayer. Statistischen Landesamtes erfolgte (30), sind diese Prozentzahlen zusammengezogen und in Tabelle 2 zusammengestellt.

Die gleichen Zusammenstellungen geben die Tabellen 3, 4 und 6 für die Urologische Klinik.

Tabelle 6. Altersverteilung der Patienten im Urologischen Krankenhaus rechts der Isar, München.

Anteil der Geschlechts- und Altersgruppen am gesamten Patientengut, dieses = 100%.

Alter	Männer	Frauen	gesamt
14-20 Jahre	2,1%	1,7%	3,8%
21-30 "	4,5%	7,0%	11,5%
31-35 "	3,9%	4,5%	8,4%
36-40 "	3,6%	3,4%	7,0%
41-45 "	3,3%	4,2%	7,5%
üb.45 "	45,5%	16,3%	61,8%
Gesamt	62,9%	37,1%	100,0%

Vergleichen wir diese Ergebnisse mit der Literatur, wobei vorerst lediglich die Prozentzahlen der Medizinischen Universitäts-Kliniken München (30) eine exakte Gegenüberstellung erlauben, so zeigt sich, dass auch bei uns in den Altersgruppen von 21-35 Jahren ein erster Gipfel in der Häufigkeit der Krankenhausaufnahmen besteht. (Tabelle 7).

Somit erscheint es zumindest für deutsche Verhältnisse gerechtfertigt, das Alter von 30-35 Jahren sehr wohl noch zu der genetisch bedeutsamen Zeitspanne zu zählen, entgegen den Ansichten im bisherigen, vorwiegend anglo-amerikanischen Schrifttum. (6, 11, 18, 22, 25, 27, 34). Der wesentlich höhere Prozentsatz der weiblichen Krankenhausaufnahmen in den Medizinischen Universitätskliniken bestätigt sich hier nicht. Das entsprechende Mehr an Betten dürfte wohl durch die Unfalls-Patienten bedingt sein, die zum überwiegenden Teil männlichen Geschlechts sind.

Tabelle 7. Alters- und Geschlechtsverteilung der Patienten in Krankenhäusern (Vergleich mit der Literatur) in % der Gesamtaufnahmen.

	1	2	3
Männer 14-20 Jahre	5,8%	2,1%	2,7%
" 21-30 "	8,4%	4,5%	4,8%
" 31-35 "	3,3%	3,9%	2,0%
" 36-40 "	2,7%	3,6%	2,0%
" üb.40 "	32,3%	48,8%	27,4%
" gesamt	52,4%	62,9%	38,9%
Frauen 14-20 Jahre	5,3%	1,7%	4,9%
" 21-30 "	6,0%	7,0%	11,9%
" 31-35 "	3,1%	4,5%	5,8%
" üb.35 "	33,2%	24,9%	38,1%
" gesamt	47,6%	37,1%	60,8%
Männer+Frauen gesamt	100,0%	100,0%	100,0%

1 = Städt.Krankenhaus re.d.I. München

2 = Städt.Urol.Klinik,München

3 = Med.Univ.Kliniken,München.

2.2 Röntgendiagnostische Frequenzen.

Der zweite Teil dieser statistischen Erhebungen besteht darin zu ermitteln, wie sich die verschiedenen Röntgenleistungen auf die einzelnen Geschlechts- und Altersgruppen verteilen. (Tabellen 8 und 9).

Die Aufgliederung nach Körperregionen (Thorax, Abdomen usw.) wurde hier ebenfalls, soweit möglich, nach S e e l e n t a g durchgeführt, um einen Vergleich mit dieser und der übrigen Literatur zu erleichtern. Die röntgenologischen Untersuchungsmethoden ändern sich hier im Vergleich zu den Med.Univ.Kliniken nicht wesentlich, da, worauf an anderer Stelle noch eingegangen wird, auch das Krankenhaus re.d.Isar über eine hochqualifizierte röntgenologische Abteilung verfügt. Allerdings ist die Häufigkeit spezieller Untersuchungsmethoden (z.B.Tomogramme) geringer und, dem Charakter des Hauses als Unfallskrankenhaus entsprechend, die Zahl der Knochenaufnahmen stark erhöht.

Da im Routinebetrieb hier die Lungenaufnahme stets mit einer Durchleuchtung verbunden ist, konnte die Zahl der Lungendurchleuchtungen gleich den Aufnahmen gesetzt werden. Die Knochenuntersuchungen sind, bis auf Beckenaufnahmen, stets mit 2 Aufnahmen, also in zwei Ebenen berechnet. Selten vorkommende röntgenologische Untersu-

chungsmethoden, wie Ventriculographie, Femoralis-Arteriographie, sind, um die Übersichtlichkeit der Tabelle zu wahren, in die sonst übliche Röntgen-Untersuchung der jeweiligen Körperregion mit einbezogen. Demnach ist z.B. eine Ventriculographie als 3 mal Schädel in 2 Ebenen berechnet, eine Femoralis-Arteriographie als 3 mal Oberschenkel in 2 Ebenen, eine Carotis-Angiographie als 3 mal Schädel in 2 Ebenen.

Die Bezeichnung und Klassifizierung der urologischen Spezialuntersuchungen, wie Urethrographien, Urethrocystographien, Spezialaufnahmen der Blase nach der Doppelkontrastmethode von Kneise-Schober, bei denen lediglich eine einzige Übersichtsaufnahme der betreffenden Region vorgenommen wurde, ist insofern vereinfacht, als diese Untersuchungen wie eine Beckenaufnahme gewertet wurden. Diese Vereinfachung ist deshalb gerechtfertigt, weil die Dosis an den Gonaden praktisch der einer Beckenaufnahme entspricht.

Aus Tabelle 8 wird ersichtlich, dass die mengenmässig vor allem ins Gewicht fallenden Untersuchungen die der Lunge, des Magen-Darm-Traktes und, aus oben angeführten Gründen, die der Extremitäten und des Schädels sind.

In der Urologischen Klinik (Tabelle 9) überwiegen, entsprechend der fach-medizinischen Begrenzung dieser Klinik, die Pyelogramme i. v. und die Abdomen-Übersichtsaufnahmen. Dabei überwiegen hier zahlenmässig die männlichen Patienten, wovon wiederum die genetisch bedeutungslose Gruppe der Patienten über 45 Jahre mehr als zwei Drittel ausmacht. Da die Röntgenuntersuchung des unteren Abdomens zum wesentlichen Rüstzeug des Urologen gehört, müssen sich bei dieser Art von Kliniken relativ hohe Untersuchungsfrequenzen und hohe durchschnittliche Belastungswerte ergeben.

In den Tabellen 11 und 12 sind die Zahlen der einzelnen Röntgenuntersuchungen in verschiedenen Geschlechts- und Altersgruppen berechnet, die auf 100 Patienten der betreffenden Gruppe entfallen. Die Untersuchungsfrequenzen für alle Altersgruppen und alle Altersgruppen beider Geschlechter finden für die weiteren Berechnungen keine Verwendung mehr. Sie sollen lediglich die Altersabhängigkeit der verschiedenen Untersuchungsarten herausstellen. Die gefundenen Werte zeigen deutlich, dass eine gewisse Abhängigkeit der Untersuchungsarten von den Altersgruppen besteht, die es berechtigt erscheinen lässt, den Berechnungen nicht einfach die durchschnittliche Gesamtfrequenz zugrunde zu legen.

Tabelle 8. Aufgliederung der Röntgen-Untersuchungen am Krankenhaus rechts der Isar, München.

Untersuchungsart bzw. Organ	Gesamt- zahl	An Männern der Altersgruppen							An Frauen der Altersgruppen						
		gesamt	14-20	21-30	31-35	36-40	41-45	üb.45	gesamt	14-20	21-30	31-35	36-40	41-45	üb.45
Lungen-Durchleuchtung v.d. oder seitlich	10150	5829	193	610	355	306	367	3998	4321	272	559	315	265	349	2561
Lungen-Aufnahme v.d. oder seitlich	10150	5829	193	610	355	306	367	3998	4321	272	559	315	265	349	2561
Lungen-Tomogramm v.d. oder seitlich	565	424	10	31	32	20	30	301	141	11	28	15	12	12	63
Herz-Kymogramm	21	15	-	-	4	1	-	10	6	1	2	-	-	-	3
Ösophagus	138	79	1	1	2	3	7	65	59	5	1	4	2	4	43
Magen-Darm	1289	659	25	45	44	29	66	450	630	23	56	40	36	54	421
Dickdarm-Einlauf	343	152	1	9	7	7	12	116	191	2	9	6	5	14	155
Abdomen-Übersicht	1214	617	37	57	31	23	51	418	597	34	54	19	23	57	410
Pyelogramm i.v.	453	195	7	22	21	17	20	108	258	23	47	14	14	30	130
Pyelogramm retrograd	5	-	-	-	-	-	-	-	5	-	2	-	1	-	2
Cholezystographie	798	283	4	24	19	13	31	192	515	14	53	45	35	39	309
Becken oder Hüftgelenk	1728	501	11	15	12	15	14	434	1227	24	33	22	13	15	1120
LWS in 2 Ebenen	688	330	16	22	16	19	43	214	358	31	29	31	16	43	208
LWS-Tomogramm	5	5	-	2	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-
BWS in 2 Ebenen	460	244	28	26	14	9	18	149	216	16	7	10	13	23	147
HWS in 2 Ebenen	794	417	24	54	39	12	37	251	377	15	24	9	30	44	255
HWS- oder BWS-Tomogramm	27	20	1	3	-	1	1	14	7	-	-	1	1	-	5
Schädel in 2 Ebenen	1825	1092	114	195	163	144	78	398	733	76	108	46	77	95	331
Ohr (beide Seiten)	211	140	7	31	14	16	9	63	71	7	1	6	5	12	40
Ohr-Tomogramm	14	6	-	2	1	-	-	3	8	-	1	1	-	-	6
Nasennebenhöhlen	955	526	125	72	97	28	41	163	429	21	71	46	33	72	186
Nasennebenhöhlen-Tomogramm	24	13	1	3	1	1	1	6	11	-	-	2	-	-	9
1 Schulter-O.Arm (2 Eb.)	912	516	9	73	9	33	36	356	396	9	8	34	22	18	305
1 Ellbogen-U.Arm (2 Eb.)	387	186	9	66	19	12	9	71	201	37	14	6	21	20	103
1 Hand-Handgelenk (2 Eb.)	559	273	21	18	15	57	14	148	286	41	36	10	21	21	157
1 Oberschenkel (2 Eb.)	410	289	39	93	12	17	5	123	121	13	6	11	3	8	80
1 Knie-U.Schenkel (2 Eb.)	2152	1310	191	273	75	50	103	618	842	18	156	37	81	20	530
1 Sprunggelenk-Fuss (2 Eb.)	1168	675	117	29	122	59	77	271	493	26	85	15	41	38	288
Zahnstatus (vollständig)	517	219	12	46	19	20	35	87	298	26	43	36	22	44	127
Summe:	37962	20844	1196	2432	1498	1218	1473	13027	17118	1017	1992	1096	1057	1401	10555

Tabelle 8. Aufgliederung der Röntgen-Untersuchungen am Krankenhaus rechts der Isar, München.

Untersuchungsart bzw. Organ	Gesamt- zahl	An Männern der Altersgruppen							An Frauen der Altersgruppen						
		gesamt	14-20	21-30	31-35	36-40	41-45	üb.45	gesamt	14-20	21-30	31-35	36-40	41-45	üb.45
Lungen-Durchleuchtung v.d. oder seitlich	10150	5829	193	610	355	306	367	3998	4321	272	559	315	265	349	2561
Lungen-Aufnahme v.d. oder seitlich	10150	5829	193	610	355	306	367	3998	4321	272	559	315	265	349	2561
Lungen-Tomogramm v.d. oder seitlich	565	424	10	31	32	20	30	301	141	11	28	15	12	12	63
Herz-Kymogramm	21	15	-	-	4	1	-	10	6	1	2	-	-	-	3
Ösophagus	138	79	1	1	2	3	7	65	59	5	1	4	2	4	43
Magen-Darm	1289	659	25	45	44	29	66	450	630	23	56	40	36	54	421
Dickdarm-Einlauf	343	152	1	9	7	7	12	116	191	2	9	6	5	14	155
Abdomen-Übersicht	1214	617	37	57	31	23	51	418	597	34	54	19	23	57	410
Pyelogramm i.v.	453	195	7	22	21	17	20	108	258	23	47	14	14	30	130
Pyelogramm retrograd	5	-	-	-	-	-	-	-	5	-	2	-	1	-	2
Cholezystographie	798	283	4	24	19	13	31	192	515	14	53	45	35	39	309
Becken oder Hüftgelenk	1728	501	11	15	12	15	14	434	1227	24	33	22	13	15	1120
LWS in 2 Ebenen	688	330	16	22	16	19	43	214	358	31	29	31	16	43	208
LWS-Tomogramm	5	5	-	2	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-
BWS in 2 Ebenen	460	244	28	26	14	9	18	149	216	16	7	10	13	23	147
HWS in 2 Ebenen	794	417	24	54	39	12	37	251	377	15	24	9	30	44	255
HWS- oder BWS-Tomogramm	27	20	1	3	-	1	1	14	7	-	-	1	1	-	5
Schädel in 2 Ebenen	1825	1092	114	195	163	144	78	398	733	76	108	46	77	95	331
Ohr (beide Seiten)	211	140	7	31	14	16	9	63	71	7	1	6	5	12	40
Ohr-Tomogramm	14	6	-	2	1	-	-	3	8	-	1	1	-	-	6
Nasennebenhöhlen	955	526	125	72	97	28	41	163	429	21	71	46	33	72	186
Nasennebenhöhlen-Tomogramm	24	13	1	3	1	1	1	6	11	-	-	2	-	-	9
1 Schulter-O.Arm (2 Eb.)	912	516	9	73	9	33	36	356	396	9	8	34	22	18	305
1 Ellbogen-U.Arm (2 Eb.)	387	186	9	66	19	12	9	71	201	37	14	6	21	20	103
1 Hand-Handgelenk (2 Eb.)	559	273	21	18	15	57	14	148	286	41	36	10	21	21	157
1 Oberschenkel (2 Eb.)	410	289	39	93	12	17	5	123	121	13	6	11	3	8	80
1 Knie-U.Schenkel (2 Eb.)	2152	1310	191	273	75	50	103	618	842	18	156	37	81	20	530
1 Sprunggelenk-Fuss (2 Eb.)	1168	675	117	29	122	59	77	271	493	26	85	15	41	38	288
Zahnstatus (vollständig)	517	219	12	46	19	20	35	87	298	26	43	36	22	44	127
Summe:	37962	20844	1196	2432	1498	1218	1473	13027	17118	1017	1992	1096	1057	1401	10555

Tabelle 11. Häufigkeit der verschiedenen Röntgen-Untersuchungen auf 100 Patienten der einzelnen Altersgruppen, Krankenhaus re.d.Isar.

Untersuchungs- art bzw. unter- suchtes Organ	14-30 Jahre	14-40 Jahre	alle Alters- gruppen	14-30 Jahre	14-35 Jahre	alle Alters- gruppen	bd. Geschl. alle Alters- gruppen
Thorax-Durchl.	45,8	58,9	90,9	59,9	64,9	73,5	83,1
Thorax-Aufnahme d.v. oder seith.	45,8	58,9	90,9	59,9	64,9	73,5	83,1
Thorax-Tomogramm d.v. oder seith.	2,3	3,7	6,6	2,8	3,0	2,6	4,5
Herz-Kymogramm	-	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Ösophagus	0,1	0,2	1,2	0,4	0,5	1,0	1,1
Magen-Darm	4,0	5,7	10,2	5,6	6,7	10,9	10,6
Dickdarm-Einlauf	0,5	0,9	2,3	0,7	0,9	3,3	2,8
Abdomenübersicht	5,3	5,9	9,6	6,4	6,0	10,0	9,8
Pyelogramm i.v.	1,6	2,7	3,0	5,0	4,7	4,5	3,7
Pyelogramm retr.	-	-	-	0,1	0,1	-	-
Cholezystographie	1,6	2,4	4,4	4,8	6,3	8,9	6,5
Becken o. Hüftggl.	0,9	2,1	7,8	4,1	4,4	23,2	14,1
LWS in 2 Ebenen	2,1	2,9	5,1	4,3	5,1	6,2	5,6
LWS-Tomogramm	0,1	-	-	-	-	-	-
BWS in 2 Ebenen	3,1	3,0	3,8	1,6	1,8	3,7	3,7
HWS in 2 Ebenen	4,4	5,1	5,7	2,8	2,7	6,5	6,1
HWS-o.BWS-Tomogr.	0,2	0,2	0,3	-	-	0,1	0,2
Schädel in 2 Eb.	17,6	24,6	16,9	13,2	12,9	26,8	15,1
Ohr (bd. Seiten)	2,1	2,7	2,1	0,5	0,7	1,2	1,7
Ohr-Tomogramm	0,1	0,1	-	-	0,1	0,1	0,1
Nasennebenhöhlen	11,2	12,8	8,1	6,6	2,8	7,4	7,8
Nasenneb.-Tomogr.	0,2	0,2	0,2	-	3,2	0,1	0,1
1 Schulter-O.Arm	4,7	4,9	8,0	1,2	7,7	6,9	7,5
1 Ellbogen-U.Arm	4,2	4,2	2,9	3,6	0,1	3,5	3,1
1 Hand-Handgelenk	2,2	4,7	4,2	5,5	4,8	4,9	4,6
1 Oberschenkel	7,5	6,4	4,5	1,3	0,6	2,1	3,3
1 Knie-U.Sch.	26,5	23,4	20,3	12,4	11,9	12,9	16,9
1 Sprungg.-Fuß	8,3	15,1	10,5	8,0	7,1	8,5	9,6
Zahnstatus vollst.	3,3	3,8	3,4	4,9	5,9	5,2	4,2

Die Untersuchungen der Extremitäten, ausser Hüftgelenk, sind jeweils in 2 Ebenen gerechnet.

Ähnlich wie schon in vorhergehenden Tabellen treten bei Männern die Werte für Thoraxuntersuchungen stark hervor, ihnen folgen die Knochenuntersuchungen, in erster Linie untere Extremität, dann Schädel, Nasennebenhöhlen, erst dann kommen mit Abstand die Werte für Untersuchungen des Magen-Darm-Traktes und des Abdomens. Bei den Frauen verhält es sich ähnlich, wobei die Häufigkeit der Magen-Darm- und Abdomenuntersuchungen etwas grösser ist. Die Untersuchungsfrequenz für Becken- und Hüftgelenksaufnahmen ist stark erhöht. Die Ursache hierfür wird aus Tabelle 8 in der hohen Untersuchungsfrequenz der Patientinnen über 45 Jahre ersichtlich.

Tabelle 12. Häufigkeit der verschiedenen Röntgenuntersuchungen auf 100 Patienten der einzelnen Altersgruppen.
Urologie, Krankenhaus re.d.Isar.

Untersuchungs- art bzw. unter- suchtes Organ	Männer			Frauen			bd. Geschl.
	14-30 Jahre	14-40 Jahre	alle Alters- gruppen	14-30 Jahre	14-35 Jahre	alle Alters- gruppen	alle Alters- gruppen
Übersichtsaufn. (bd. Nieren)	86,9	81,7	75,8	83,0	86,8	79,3	77,1
Übersichtsaufn. (1 Niere)	24,1	24,7	10,4	24,7	28,7	29,6	17,7
Pyelogramm i.v. (bd. Nieren)	59,9	62,5	60,2	61,1	64,0	56,9	58,8
Pyelogramm i.v. (1 Niere)	18,2	22,9	9,7	26,9	29,9	29,6	17,1
Beckenüber- sichtsaufn.	35,8	30,2	37,0	13,8	13,4	12,8	27,9

Die Frequenz-Werte der Urologischen Klinik nähern sich im gesamten gesehen einander mehr, was sich aus der geringeren Aufspaltung in einzelne Untersuchungsarten ohne weiteres ableiten läßt. Die Unterschiede in der Verteilung der Untersuchungsfrequenzen im Vergleich zu Angaben in der Literatur zeigt Tabelle 10. Die Urologische Fachklinik ausgenommen, zeigen die Werte des allgemeinen Krankenhauses rechts der Isar und die der Medizinischen Universitätskliniken keine allzu grossen Unterschiede. Bei ersteren liegen die Extremitäten-Untersuchungen, einem Unfalls Krankenhaus entsprechend, höher, bei letzterem die Untersuchungen des Abdomens und des Körperstammes, bedingt durch die Häufung innerer Krankheiten und die vermehrte Anwendung spezieller Untersuchungsmethoden.

Die Untersuchungsergebnisse aus England und Wales (D) bringen

hohe Frequenzzahlen für die Untersuchungen der Extremitäten, bedingt durch die Miteinbeziehung der ambulanten Praxis. Auffallend niedrig sind in den anglo-amerikanischen Krankenhäusern die Untersuchungsfrequenzen des Thorax (besonders E und F), wogegen die Zahlen für die Diagnostik am Körperstamm und den Extremitäten wesentlich über den deutschen Vergleichswerten liegen. Bei diesen Literaturangaben ist zu berücksichtigen, dass sich die Zahlen zum Teil auf die Gesamtzahl aller Untersuchungen innerhalb und ausserhalb von Krankenhäusern beziehen, die Belastung der foetalen Gonaden miteinbezogen. Ausserdem spielt die unterschiedliche, technische Anwendung der Röntgendiagnostik in den verschiedenen Ländern eine Rolle.

3. Eigene Messungen der Gonaden-Dosis.

Um nun von diesen rein statistischen Erhebungen über die röntgen-diagnostische Untersuchungsfrequenz aus auf die den Bevölkerungsdurchschnitt belastende Gonaden-Dosis zu gelangen, ist es notwendig, Messunterlagen darüber zu besitzen, welche Dosen bei den einzelnen Untersuchungen an die männlichen und weiblichen Keimdrüsen gelangen. In zahlreichen Arbeiten darüber sind Messwerte zu finden, die jedoch zum Teil für eine Aufnahmetechnik gelten, die von der in Deutschland üblichen erheblich abweicht. (16, 38, 37, 24, 26, 17, 15, 33, 21, 36, 3, 5, 22, 34, 1, 8, 2, 4, 9) Teilweise wurden die Gonaden-Dosen nur rechnerisch aus Einfallsdosen und Phantommessungen ermittelt. (7, 10, 12, 28, 35) Bei der Vielzahl der Faktoren, die die Streustrahlung auf die Gonaden beeinflussen, können gültige Werte nur durch ausgedehnte Messreihen an einem breiten Patientendurchschnitt während des Röntgen-Routinebetriebes gewonnen werden. Wie weit diese Werte dann allgemeine Gültigkeit besitzen, darauf wird später noch eingegangen.

Von S e e l e n t a g u.M. wurden derartige Untersuchungen angestellt und mitgeteilt. (32) Aus 698 Messungen, teils am Hoden, teils intravaginal angestellt, sind hier Mittelwerte für die einzelnen Untersuchungsarten mitgeteilt. Doch weist auch S e e l e n t a g auf die ausserordentlich grosse Schwankungsbreite der Messergebnisse hin, die nach seiner Auffassung die Konstitution der

Patienten und in hohem Masse die Untersuchungstechnik bedingt. Er betont deshalb, dass seine Mittelwerte nur für Röntgenabteilungen angewandt werden dürfen, die mit gleicher oder ähnlicher Technik arbeiten.

Es war daher im vorliegenden Falle wünschenswert, zumindest durch Stichproben und für die wichtigsten Untersuchungsarten Messwerte aus dem untersuchten Krankenhaus zu besitzen. Sollten diese Stichproben eine befriedigende Übereinstimmung mit Zahlen aus der Literatur - gedacht war vor allem an diejenigen von S e e l e n t a g - ergeben, so durfte auch für andere Untersuchungsarten eine Übereinstimmung angenommen und die betreffenden Literaturwerte für die vorliegenden Berechnungen verwendet werden. Gerade wegen der oben schon erwähnten Differenz verschiedener Literaturwerte war diese Überprüfung besonders geboten.

Diese Überlegungen wurden auch den Messuntersuchungen am Krankenhaus rechts der Isar und an der Urologischen Klinik zugrunde gelegt. Natürlich ist es nicht an allen Krankenhäusern möglich, Messungen in einem derartigen Ausmass, wie an den Universitätskliniken, anzustellen. Die allgemeinen Krankenhäuser unterstehen der Verwaltung der Gemeinden, und es müssen häufig auch auf Seite der Verwaltung gewisse Bedenken überwunden werden. Wie im Falle des Krankenhauses rechts der Isar, in dessen röntgenologischer Abteilung täglich circa 500 Untersuchungen bewältigt werden müssen, spielt noch ein gewisser Zeitdruck eine Rolle, der einen Untersucher während des eiligen Routinebetriebes unerwünscht und störend erscheinen lässt.

Aus derartigen Erwägungen heraus musste auf intravaginale Messungen bei Frauen verzichtet werden. Stellt die Art der Anbringung der Messkammern schon einen delikaten Eingriff dar, so wäre der Zeitverlust durch das Einlegen der Kammern bei der Eile der aufeinanderfolgenden Röntgenuntersuchungen nicht gestattet worden. Auch bezüglich der Messungen am Hoden wurden gewisse Einwände vorgebracht. Doch bestätigten sich auch hier die Erfahrungen von S e e l e n t a g u.M.: Der einzelne Patient nimmt, bei entsprechend taktvollem Vorgehen des Untersuchers, kaum Notiz von dem Umbinden der Messkammer oder betrachtet sie als notwendiges Zubehör zur Röntgenuntersuchung. Erläuternde Erklärungen dem Patienten gegenüber erübrigten sich sogar fast immer.

3.1 Erläuterung der Technik der Messungen.

Zur Messung der Gonaden-Dosis am Hoden wurden Kondiometerkammern der PTW-Freiburg verwendet, die für die in Frage kommenden Strahlenqualitäten mittels des Küstnerschen Eichstandgerätes geeicht waren. (Näheres über die technischen Einzelheiten siehe 32, 31). Das verwendete Messinstrument, das Kondiometer arbeitet nach dem Prinzip, das vor rund 30 Jahren S i e v e r t , Stockholm, entwickelt hat: Eine Ionisationskammer, deren graphititierte äussere Wandung auf Erdpotential gelegt wird, stellt einen Kondensator dar, dessen einen Pol diese Wandung bildet, während der andere aus einer Innenelektrode besteht, in Form eines Stiftes oder einer Kugel aus gleichem Material, welche durch Bernstein von der Wand isoliert in das Innere der Kammer ragt. Die Innenelektrode wird am Instrument auf eine genauest stabilisierte Spannung aufgeladen, die Kammer vom Instrument abgenommen und an den Messort gebracht. Fällt ionisierende Strahlung auf die Kammer, so wird die Luft zwischen Innenelektrode und Kammerwand leitend, die Ladung kann entsprechend der Zahl vorhandener Ionen und damit im Sättigungsbereich proportional den absorbierten Strahlenquanten bzw. der absorbierten Energie abfliessen, Die Spannung sinkt. Wird jetzt die Kammer wieder an das Messinstrument angeschlossen, so kann mittels einer Kompensationsschaltung der Spannungsverlust festgestellt und über den Eichwert die Strahlendosis ermittelt werden, welche die Kammer getroffen hat. Die Empfindlichkeit der Kammern ist je nach Grösse und Bauart verschieden. So ist mit den verwendeten Kugelkammern von 10 mm Durchmesser und einem mittleren Eichwert von etwa 15 mr pro Skalenteil in Ladungsstufe 1-3 ein Messbereich von etwa 150 bis 4 800 mr zu beherrschen, mit den Zylinderkammern von 15 mm Durchmesser ein solcher von etwa 15 bis 800 mr und mit den argongefüllten Druckkammern von 27 mm Durchmesser ein Messbereich von etwa 0,02 bis 1 mr.

Die Zylinder- und Kugelkammern wurden bei den Messungen, je nach der zu erwartenden Dosis, auf Stufe 1 bzw. 3 aufgeladen. Die Kammern wurden täglich vor den Messungen neu geladen und sofort nach Beendigung der Untersuchung (im Durchschnitt nach 4 bis 6 Stunden) gemessen, sodass der Selbstablauf, selbst bei den sehr empfindlichen Argonkammern, nicht zu berücksichtigen war.

Für die einzelnen Aufnahmearten genügten in den meisten Fällen Zylinderkammern auf Stufe 1 geladen, z.B. für Lungen-Tomogramme,

Cholecystographien. Für länger dauernde und näher dem Hoden liegende Untersuchungen wurden diese Kammern auf Stufe 3 geladen, z.B. bei Pyelogrammen und Kontrasteinläufen. Die Kugelkammern fanden bei Aufnahmen Verwendung, bei denen der Hoden und damit auch die Kammer direkt im Primärstrahlenkegel lagen. Wie aus den Messergebnissen ersichtlich ist, musste dieser Kammertyp, wegen der sehr unterschiedlichen Belastung der Gonaden bei diesen Aufnahmen, teilweise auf Stufe 3 geladen werden. Einzelne Messergebnisse, bei denen die Kammer völlig entladen war (z.B. bei Beckenübersichtsaufnahmen), wurden nur bedingt verwendet. (Siehe später Tabelle 13). Bei Aufnahmearten, die nur geringe Dosen an die Gonaden brachten, wie z.B. Kniegelenksaufnahmen, wurden bei älteren Patienten nach Wegnahme der Kassette mehrere Aufnahmeschaltungen gegeben, wobei die Kammer liegen blieb. Dabei wurde natürlich die Aufnahmestellung und die Einstellung der Röntgenapparatur beibehalten. Handelte es sich um jüngere Personen, so wurde eine Kammer an mehreren Patienten für die gleiche Untersuchungsart verwendet.

Die hochempfindlichen Argon-Druckkammern fanden nur zu Messungen von Lungenaufnahmen und -durchleuchtungen Verwendung. Wegen der hierbei sehr geringen auf die Gonaden fallenden Strahlung wurde in der Regel eine Kammer für mehrere Patienten der gleichen Untersuchungsart verwendet. Da diese Kammern in ihren untersten und höheren Messbereichen keine ausreichende Genauigkeit mehr garantieren, wurde die Zahl der Patienten für eine Kammer so gewählt, dass der Messwert in den mittleren Skalenteilbereichen lag.

Die Anbringung der Kammern erfolgte mittels einer Mullbinde, in die die Kammer eingeknotet war. Diese wurde um den Oberschenkel gebunden, sodass die Kammer zwischen dem vorderen Bereich des Hodensackes und dem Oberschenkel lag. Handelt es sich um längere Röntgenuntersuchungen, wie einen Dickdarm-Kontrasteinlauf, empfiehlt es sich, die Binde mit einem Leukoplaststreifen am Oberschenkel zu fixieren, um die richtige Lage der Kammer während der ganzen Untersuchung zu gewährleisten.

Aus Gründen der Hygiene und um Eindringen von Feuchtigkeit in die Kammer zu vermeiden wurde diese in einen Gummifingerling gesteckt, dessen freies Ende durch Knotung verschlossen wurde, sodass ein nahezu luftdichter Verschluss entstand. Wird eine Kammer für mehrere Patienten verwendet, so ist es im allgemeinen nicht nötig den Fingerling zu erneuern, es genügt die Mullbinde zu wechseln.

3.2 Bemerkungen zur Technik der durchgeführten Röntgenuntersuchungen.

Hier soll ein kurzer Überblick über die technischen Einrichtungen der Röntgenabteilung des Allgemeinen Krankenhauses rechts der Isar, München, gegeben werden.

Entsprechend den hohen Anforderungen, die der Umfang des ambulanten Patientengutes vor allem bezüglich der Knochenuntersuchungen stellt, stehen für diese Untersuchungen zwei Räume zur Verfügung. Ihre Ausrüstung besteht in je einem 6-Ventil-Hochleistungsapparat und je einem Buckytisch-Arbeitsplatz, einem Lysholm-Schädelgerät bzw. einem Spezialstativ mit senkrechter Katapultblende als zweitem Arbeitsplatz.

Weitere vier Räume dienen den Untersuchungen des Thorax, Abdomens und Urogenital-Systems. In drei dieser Räume stehen auch Durchleuchtungsstative mit modernen Zielgeräten. Bis auf einen 4-Ventil-Apparat sind auch diese Räume mit Drehstromapparaturen bestückt. Zusätzlich ermöglichen vier Buckytische, versehen mit FFH-Rastern, einen rationellen Untersuchungsbetrieb. Für Tomogramme steht ein Planigraph zur Verfügung. Der Thoraxdiagnostik dienen ein Säulenstativ mit Iontomat und auswechselbarem Hartstrahl-Raster, ein Lungenstativ, ein Kymograph, ein Odelka-Schirmbildgerät und ein Luminix-Gerät für Lungenübersichts-Aufnahmen.

Die verwendeten Röntgenröhren, alles moderne Ölröhren vom Hochleistungstyp, sind ausnahmslos mit Zusatzfilter von 1 bis 3 mm Al versehen, sodass die Gesamtfilterungen der Durchleuchtungsrohren um 4 bis 5 mm, an den Bucky-Tischen um 3mm Al liegen. Alle Aufnahmeröhren tragen Lichtvisierblenden, ausgenommen lediglich die Röhre des Lysholm-Stativs, die mit den serienmässigen Lochblenden verwendet wird. Die Aufnahmeabstände (im einzelnen in den Tabellen angeführt) betragen bis auf wenige Ausnahmen 100 bis 150cm. Die Fokusrückwandabstände der Durchleuchtungsgeräte liegen bei serienmässiger Bauart zwischen 35 und 45 cm.

3.3 Darstellung der Messergebnisse.

Wie bereits unter den Schwierigkeiten zu derartigen experimentellen Messungen an allgemeinen Krankenhäusern erläutert wurde, beschränkte sich der Verfasser am Krankenhaus re.d.Isar darauf, Messungen von Untersuchungsarten durchzuführen, die entweder hohe Dosen an die Gonaden bringen oder einen hohen Prozentsatz an den einzelnen Untersuchungsfrequenzen aufwiesen (z.B. Lungenuntersuchungen).

Die Zusammenstellung der Messergebnisse (Tabelle 13) der verschiedenen röntgenologischen Untersuchungsarten erfolgt in derselben Reihenfolge wie in den Tabellen über die Aufnahmefrequenzen. Die Werte beziehen sich nur auf Untersuchungen an Männern.

Tabelle 13. Zusammenstellung der Messergebnisse, gemessen am Krankenhaus re.d. Isar, München, 1958.

<u>Lungen-Durchleuchtung</u>							
Zahl der min. Patienten	Durchl.	kV	mA	mAs	Messort	μ r/Untersuch.	μ r/mAs
2	1,5	65-90	3	270	Hoden	390	1,4
2	1	"	"	180	"	47	0,2
2	1,5	"	"	270	"	365	1,3
2	2	"	"	360	"	172	0,4
1	2,25	"	"	405	"	295	0,7
1	1	"	"	180	"	160	0,8
1	1	"	"	180	"	149	0,8
2	1,75	"	"	315	"	410	1,3
2	1,75	"	"	315	"	430	1,3
1	2,25	"	"	405	"	415	1
2	2,5	"	"	450	"	160	0,3
2	3	"	"	540	"	220	0,4
2	4,5	"	"	810	"	> 520 *	0,6 *
1	2	"	"	360	"	254	0,7
3	3	"	"	540	"	2700	5
5	8	"	"	1440	"	4400	3
4	5,5	"	"	990	"	900	0,9
5	4,5	"	"	810	"	4500	5,5
8	4,75	"	"	855	"	6400	7,4
8	7,25	"	"	1305	"	1900	1,4
56 Pat.MW:	1,1	65-90	3	196	Hoden	449	1,8

Für alle Messtabellen gültig: MW = Mittelwert pro Patient

D = Durchleuchtung

A = Aufnahme

B = Bucky-Tisch

Z = Zielgerät

* = für MW nicht verwendet

** = mit Faktor 1,5 für MW verwendet

Lungen-Aufnahmen

Zahl der Patienten	Zahl d. Aufn.	kV	mAs	Messort	µr/Untersuch.	µr/mAs
2	2	50	60	Hoden	68	1,1
4	4	"	120	"	56	0,4
5	5	"	150	"	59	0,3
4	4	"	120	"	59	0,4
5	5	"	150	"	> 520 [*]	3 [*]
10	10	"	300	"	105	0,3
2	2	"	60	"	183	3
5	5	"	150	"	84	0,5
5	5	"	150	"	74	0,4
1	1	"	30	"	31	1
4	4	"	120	"	192	1,6
5	5	"	150	"	62	0,4
5	5	"	150	"	71	0,4
5	5	"	150	"	84	0,5
5	5	"	150	"	87	0,5
5	5	"	150	"	53	0,3
5	5	"	150	"	90	0,6
5	5	"	150	"	59	0,3
82 Pat.MW :	1	50	30	Hoden	27	0,7

Lungen-Tomogramm (+ 0,5 min.Durchl.+ 2 Übersichtsaufn.)

Zahl der Patienten	Zahl d. Aufn.	kV D / A	mAs (Tomo)	Messort	mr/Untersuch.	µr/mAs
1	8	90/65	180	Hoden	12,4	68
1	10	90/60	200	"	5,5	27
1	10	90/50	230	"	3,7	16
1	3	65	360	"	< 1,8 [*]	5 [*]
1	6	42	900	"	12,8	14
1	6	90/90	450	"	17,1	38
1	6	90/60	680	"	5,4	7
1	8	90/60	980	"	5,2	5
1	5	90/82	570	"	5,4	9
1	7	90/80	860	"	15,4	17
10 Pat.MW :	7	90/67	561	Hoden	9	22

Abdomen-Übersichtsaufnahmen, aufgenommen auf Bucky-Tisch.

Zahl der Patienten	Zahl d. Aufn.	kV	mAs	Messort	mr/Untersuch.	µr/mAs
1	1	72	60	Hoden	16	266
1	1	80	60	"	28	466
1	1	73	60	"	68,6	1143
1	1	72	70	"	15,7	224
1	1	70	80	"	59	737
1	1	70	60	"	41,5	691
1	1	70	70	"	71	1014
1	1	72	60	"	48	800
1	1	56	100	"	44	440
1	1	70	60	"	68	1133
1	1	58	60	"	117	1950
1	1	60	60	"	20,8	346
12 Pat.MW :	1	70	65	Hoden	49	767

Magen-Darm

Zahl d. Pat.	Zahl d. Aufn.	min. Durchl.	kV D / A	mAs (D+A)	Messort	mr/Untersuch.	µr/mAs
1	12	12	90/90	3	2520 Hoden	15,5	6
1	16	"	90/85	"	2740 "	10,7	4
1	12	"	90/90	"	2520 "	14,1	5
1	12	"	90/90	"	2520 "	10	4
1	12	"	90/90	"	2520 "	10	4
1	12	"	90/90	"	2520 "	11,6	4
1	12	"	90/90	"	2520 "	20	8
1	12	"	90/90	"	2520 "	8,1	3
1	12	"	90/90	"	2520 "	17,4	7
1	12	"	90/90	"	2520 "	19	7
1	17	"	90/85	"	2520 "	5,5	2
1	10	"	90/100	"	2360 "	29,3	12
1	12	"	90/90	"	2400 "	20	8
1	12	"	90/88	"	2560 "	7,2	3
14 Pat.MW:13	12	90/90	3	2520	Hoden	14	5

Pyelogramm i.v., aufgenommen auf Bucky-Tisch.

Zahl der Patienten	Zahl d. Aufn.	kV	mAs	Messort	mr/Untersuch.	µr/mAs
1	3	58	180	Hoden	353	1961
1	3	60	180	"	62,4	346
1	5	56	500	"	320	640
1	4	70	240	"	272	1133
1	3	70	210	"	213	1014
1	6	72	360	"	287	797
1	3	70	240	"	177	737
1	4	70	240	"	166	691
1	3	73	190	"	206	1084
1	4	72	280	"	63	225
1	5	72	300	"	81	270
1	5	80	300	"	139	463
12 Pat.MW :	4	69	268	Hoden	195	780

Dickdarm-Einlauf

Zahl d. Pat.	Zahl d. Aufn.	min. Durchl.	kV D / A	mAs (D+A)	Messort	mr/Untersuch.	µr/mAs
1	13	12	90/78	3 3060	Hoden	148	48
1	9	10	90/80	" 2152	"	148	68
1	10	14	90/70	" 2960	"	217	73
1	9	16	90/85	" 3505	"	223	63
1	11	18	90/75	" 3690	"	320	86
1	9	18	90/85	" 3970	"	367	92
1	12	18	90/75	" 3740	"	340	91
1	9	21	90/85	" 4040	"	622	154
1	11	12	90/75	" 2760	"	280	101
1	12	12	90/72	" 2570	"	232	90
1	9	12	90/80	" 2710	"	267	98
1	9	12	90/80	" 2560	"	208	81
1	14	12	90/80	" 2910	"	137	47
1	13	14	90/78	" 3410	"	250	73
1	8	14	90/80	" 2910	"	193	66
1	11	16	90/80	" 3630	"	308	85
1	8	16	90/76	" 3340	"	205	61
1	10	10	90/85	" 2660	"	133	50
18 Pat.MW:10	14	90/79	3 3143	Hoden	255	79	

Cholezystographie

Zahl d. Pat.	Zahl d. Aufn.		min.	kV		mAs (B+Z)	Messort	mr/Untersuch.	μ r/mAs
	B	Z		Durchl.B	/ Z				
1	2	6	3	78/68	3	1190	Hoden	11,3	9
1	2	6	3	78/68	3	1040	"	3,7	3
1	2	6	3	78/90	3	1150	"	3,6	3
1	3	-	-	73	-	460	"	8,1	17
1	2	-	-	72	-	240	"	5,2	21
1	3	6	3	68/90	3	900	"	13,5	15
1	2	-	-	70	-	250	"	7,3	29
1	3	3	3	75/90	3	1100	"	14,4	13
1	3	-	-	68	-	240	"	3,5	14
1	3	3	3	78/90	3	1130	"	5,3	4
1	3	6	3	78/90	3	1270	"	8,2	6
1	2	-	-	70	-	300	"	3,8	12
1	2	6	3	68/90	3	1090	"	3,6	3
13 Pat.MW:	5	3		69/90	3	797	Hoden	7	12

LWS sagittal, aufgenommen auf Bucky-Tisch.

Zahl der Patienten	Zahl d. Aufn.		kV	mAs	Messort	mr/Untersuch.	μ r/mAs
1	1		66	140	Hoden	8,3	59
1	1		75	250	"	52	208
1	1		66	160	"	5,6	35
1	1		72	230	"	8,7	37
1	1		72	230	"	25	108
1	1		66	180	"	5,6	31
1	1		70	190	"	34	179
1	1		68	180	"	25,6	142
1	1		60	180	"	8,2	45
1	1		66	140	"	12	85
1	1		75	180	"	29,4	163
1	1		72	230	"	82	356
12 Pat.MW:	1		69	190	Hoden	25	120

LWS seitlich, aufgenommen auf Bucky-Tisch.

Zahl der Patienten	Zahl d. Aufn.	kV	mAs	Messort	mr/Untersuch.	µr/mAs
1	1	84	400	Hoden	79	197
1	1	80	300	"	34,4	114
1	1	86	240	"	14,2	59
1	1	86	260	"	50,5	194
1	1	84	92	"	49,3	535
1	1	84	90	"	41,6	462
1	1	90	350	"	43,5	124
1	1	82	350	"	14,2	40
1	1	84	350	"	29,4	84
1	1	80	220	"	41	186
1	1	82	300	"	51	170
11 Pat. MW:	1	84	268	Hoden	40	197

Hüftgelenk sagittal, aufgenommen auf Bucky-Tisch.

Zahl der Patienten	Zahl d. Aufn.	kV	mAs	Messort	mr/Untersuch.	µr/mAs
2	2	60	200	Hoden	763	3815
1	1	60	100	"	500	5000
1	1	65	120	"	440	3666
1	1	72	190	"	290	1526
1	1	90	140	"	> 940 **	6714 **
1	1	62	100	"	165	1650
7 Pat. MW :	1	69	121	Hoden	510	3675

Hüftgelenk seitlich, aufgenommen auf Bucky-Tisch.

Zahl der Patienten	Zahl d. Aufn.	kV	mAs	Messort	mr/Untersuch.	µr/mAs
2	2	60	200	Hoden	> 910 **	4550 **
1	1	80	100	"	> 910 **	9100 **
1	1	80	250	"	> 1630 **	6520 **
1	1	90	140	"	885	6321
1	1	60	100	"	480	4800
1	1	72	200	"	2400	12000
1	1	70	120	"	1548	12900
8 Pat. MW :	1	73	140	Hoden	1311	8284

Becken-Übersichtsaufnahme, aufgenommen auf Bucky-Tisch.

Zahl der Patienten	Zahl d. Aufn.	kV	mAs	Messort	mr/Untersuch.	µr/mAs
1	1	70	160	Hoden	620	3875
1	1	66	160	"	685	4281
1	1	72	200	"	> 2700 **	13500 **
1	1	65	140	"	233	1664
1	1	60	120	"	110	916
1	1	65	120	"	1350	11250
1	1	65	170	"	> 1630 **	9588 **
1	1	65	170	"	> 2650 **	15588 **
1	1	65	160	"	1020	6375
1	1	65	160	"	660	4125
10 Pat. MW : 1		65	156	Hoden	1515	9050

Oberschenkel sagittal, aufgenommen im Bett.

Zahl der Patienten	Zahl d. Aufn.	kV	mAs	Messort	mr/Untersuch.	µr/mAs
1	1	62	120	Hoden	1230	10250
1	1	60	35	"	171	4885
1	1	50	150	"	80	533
1	1	48	30	"	120	4000
1	1	64	100	"	820	8200
1	1	60	110	"	480	4363
1	1	48	30	"	11	366
7 Pat. MW : 1		56	82	Hoden	416	4657

Oberschenkel seitlich, aufgenommen im Bett.

Zahl der Patienten	Zahl d. Aufn.	kV	mAs	Messort	mr/Untersuch.	µr/mAs
1	1	54	150	Hoden	64,6	430
1	1	64	120	"	270	2250
1	1	60	30	"	96	3200
1	1	48	30	"	100	3333
1	1	60	100	"	75,4	754
1	1	80	100	"	87	870
1	1	48	30	"	70	2333
7 Pat. MW : 1		59	80	Hoden	109	1881

Knie-Unterschenkel (in 2 Ebenen sagittal + frontal), aufgenommen ohne Bucky-Blende.

Zahl der Patienten	Zahl d. Aufn.	kV	mAs	Messort	mr/Untersuch.	μ r/mAs
6	12	52	300	Hoden	2,7	9
6	12	58	384	"	0,9	2
1	2	41	60	"	1,9	31
1	2	41	60	"	2,7	45
3	6	47	208	"	10	48
6	12	50	300	"	5,5	18
6	12	48	320	"	6,9	21
6	12	42	360	"	4,5	12
35 Pat. MW:	2	48	57	Hoden	1	23

Die elektrischen Daten der Aufnahmen wurden als Durchschnittswerte angegeben, da differenziertere Angaben der Technik die Tabellen zu sehr kompliziert hätten, ohne für das Ergebnis eine grössere Genauigkeit zu versprechen. Die Gonaden-Dosen pro Untersuchung sind in mr, sehr geringe Dosen in μ r angegeben, soweit die Messwerte über 500 μ r liegen, wurden Zylinderkammern verwendet. Bei Lungenaufnahmen, d.h. bei Verwendung von Argon-Kammern, wurden die gemessenen μ r mit dem Korrekturfaktor 1,5 multipliziert, da die Argon-Kammern an unserem Messinstrument keine volle Sättigungsspannung erhielten. So resultierte eine Abhängigkeit der Dosismessung von der Dosisleistung. Ausgedehnte Eichmessungen von S e e l e n t a g (noch unveröffentlicht) hatten ergeben, dass die Empfindlichkeit der Kamern bei Dosisleistungen über 0,1 mr/sec zunehmend abfiel, bei DL über 1 mr/sec in den oberen Messbereichen nur noch etwa $\frac{1}{5}$ der Empfindlichkeit bei niedriger DL betrug. Aus den Messungen selbst war bei Lungenaufnahmen (Kurzzeitaufnahmen mit Hochleistungsapparat) eine DL um 0,3 mr/sec an den Gonaden zu errechnen, wofür sich der oben erwähnte Korrekturfaktor ergibt.

Lungen-Tomogramme sind in der Regel mit einer kurzen Lungendurchleuchtung und 2 Übersichtsaufnahmen verbunden. Sie wurden deshalb auch in dieser Art gemessen, wobei ein Tomogramm, gemessen mit einer Zylinderkammer der Stufe 1, einen eben noch brauchbaren Messwert ergab. Da der allergrösste Teil der Dosis durch die Tomogramme, nur ein kleiner Teil durch Übersichtsaufnahmen und Durchleuchtung gegeben wird, sind letztere für die Berechnung vernachlässigbar.

Die Gallenblasenuntersuchungen zeigten in der Gonaden-Dosis keinen signifikanten Unterschied bei Untersuchungen, die nur mit dem Bucky-Gerät oder zusätzlich am Zielgerät durchgeführt wurden. Die beiden Techniken sind deshalb im Mittelwert zusammengefasst. Die Messungen von Becken-Übersichtsaufnahmen, wie überhaupt die von Knochenaufnahmen in der näheren Umgebung der Gonaden, wiesen eine starke Schwankungsbreite auf. Einige Messkammern waren durch die unvorhergesehen hohen Dosen an den Gonaden abgelaufen. Diese Messwerte wurden mit dem Faktor 1,5 multipliziert (nach Schätzung aus den einwandfreien Messwerten), um für die Berechnung des Mittelwertes brauchbar zu sein. Die starken Schwankungen gerade bei diesen Aufnahmen erklären sich dadurch, dass (14) durch den starken Abfall der Streustrahlung am Feldrand schon bei wenigen Millimetern Unterschied in der Blendenöffnung bzw. in der Lage des Feldrandes die Dosis sich mit einem Faktor 2-5 und mehr ändert. In Tabelle 14 sind zur besseren Beurteilung, und um für spätere Vergleiche leichter herangezogen werden zu können, die Mittelwerte der einzelnen Untersuchungsarten zusammengestellt. Auf die Anführung des Aufnahmeformates kann verzichtet werden, da in Deutschland dieses für die einzelnen Untersuchungen weitgehend normiert ist. Auch sagt das Format über die allein wichtige Einblendung nur z.T. aus.

3.4 Diskussion der Messergebnisse.

Die Untersuchungen des Thorax, die im Gesamtmaterial am häufigsten auftreten, bringen an die Gonaden des Einzelnen eine nur geringe Dosis, die erst durch die enorm hohen Untersuchungsfrequenzen dieser Aufnahmearten für den Bevölkerungs-Durchschnitt an Bedeutung gewinnt. Die Routine-Thoraxdurchleuchtungen ergeben dabei ein Vielfaches an Dosis gegenüber den Aufnahmen, ein Hinweis dafür, wie wichtig es ist, dass diese Untersuchungen nur von geschulten Personen durchgeführt werden, die mit einem Minimum an Durchleuchtungszeit auskommen. Nähere Angaben über Versuche mit ausgebildeten und weniger geschulten Untersuchern finden sich in Veröffentlichungen von S e e l e n t a g u.M. (32).

Lungen-Tomogramme erbringen überraschenderweise geringe Dosen, so dass bei der niedrigen Untersuchungsfrequenz dieser Untersuchungsart ihrem Beitrag zur allgemeinen Strahlenbelastung der Gonaden wenig Bedeutung zukommt.

Die Untersuchungen des Abdomens fallen demgegenüber umso mehr ins

Gewicht, je näher die untersuchte Region den Gonaden liegt. Die Magenuntersuchungen ergeben, verglichen mit der Dauer einer derartigen Untersuchung, eine noch relativ geringe Belastung der Gonaden. Dickdarm-Kontrasteinläufe, die sich ja mehr auf die gonadennäheren Regionen des Abdomens beziehen, zeigen etwa um das 20-fach höhere Werte. Die Gonadenbelastung ist dabei auch von der Dauer einer derartigen Untersuchung abhängig, die sich u.a. zum Teil, je nach Schnelligkeit der Darmentleerung, der Macht des Untersuchers entzieht. Alle Dosis-Werte gelten für die gesamte Untersuchung, einschliesslich der Dünn- und Dickdarmkontrollen, bei Magenuntersuchungen 4 und 24 h.p.c. Dabei bestimmen diese und die Durchleuchtungszeiten bei der eigentlichen Untersuchung den weit-aus grössten Teil der Dosis-Werte, sodass auch hier der versierte Röntgenologe eine wesentlich geringere Gonaden-Belastung verursachen wird, wie der ungeschulte Untersucher.

Mit diesen Untersuchungsarten stehen die Untersuchungen des Nierensystems, wie Pyelogramme i.v. und Abdomen-Übersichtsaufnahmen, auf etwa gleicher Stufe. Verglichen mit den dabei verwendeten elektrischen Daten bringen diese Aufnahmen sehr hohe Dosen an die Gonaden. Die starke Schwankungsbreite bei Abdomen-Übersichtsaufnahmen, bei nahezu gleichen elektrischen Daten, ist, wie oben schon erwähnt, durch nur kleine Einblendungsunterschiede verursacht.

Die Gonadenbelastungen bei Gallenblasenuntersuchungen ist durch die exakte Einblendungstechnik und die kurzen Durchleuchtungszeiten nur gering.

Von allen bisherigen Messuntersuchungen unterscheiden sich die Messungen bei Aufnahmen der Knochen im Bereich der unteren Körperhälfte bedeutend: 1. durch die hohen Gonadendosen bei verhältnismässig niederen elektrischen Daten und 2. durch die enorme Schwankungsbreite der Messwerte der gleichen Untersuchungsart. Da die elektrischen Einstellungswerte einem vorgeschriebenen Schema entnommen sind und sich nur in engen Grenzen verändern, kann der Hauptgrund dafür nur in Änderungen der Einblendung liegen. Dass diese Veränderungen nur sehr gering sein brauchen, wurde bereits bei den Abdomen-Übersichtsaufnahmen erwähnt. Erwartungsgemäss liegen die Dosis-Werte um eine Grössenordnung höher, wenn die Gonaden im Primärstrahlenkegel liegen, schon dicht daneben fallen sie steil ab, umsomehr, je grösser der Abstand ist. Ein Beweis dafür ist auch die Tatsache, dass bei den meisten Untersuchungen im Gebiet des Körperstammes die weiblichen Gonaden um das 10-fache und

mehr belastet sind, wie die männlichen. (32)

Dies lässt die hohe Bewertung einer exakten Einblendetechnik gerechtfertigt erscheinen.

So treten bei den Messungen der Becken-Übersichtsaufnahmen maximale Verhältnismerte von 1:35 auf. Auch die Untersuchungen der Hüftgelenke weisen starke Schwankungen bezüglich der Gonaden-Dosis auf, die besonders bei den seitlichen Hüftgelenksaufnahmen, wobei die Gonaden meist im Primärstrahlenkegel liegen, hervortreten. Die sagittalen Aufnahmen der LWS ergeben Unterschiede von über 1:10. Selbstverständlich können bei dieser Schwankungsbreite die aus relativ wenigen Untersuchungen ermittelten Durchschnittswerte nicht als absolut gültig für diese Untersuchungsarten betrachtet werden. Sie dürften aber in der richtigen Grössenordnung liegen. Deshalb besteht die Forderung zu Recht, zu allen statistischen Unterlagen, wenigstens für die häufigsten Röntgenuntersuchungen, Vergleichsmessungen zu liefern.

In Tabelle 15 sind die Mittelwerte der Gonaden-Dosen in mr pro Untersuchung und Patient aus eigenen Messungen den entsprechenden Dosiswerten nach S e e l e n t a g u.M. gegenübergestellt. Der Vergleich soll zeigen, ob es nach dem mittleren Gesamtverhältnis gerechtfertigt ist, in den weiteren Berechnungen für die fehlenden eigenen Messwerte, vor allem für Frauen, die von S e e l e n t a g angegeben zu setzen. Dieses Verfahren wird auch auf Untersuchungen an anderen Krankenhäusern, an denen ausgedehntere Messexperimente nicht durchgeführt werden können, anzuwenden sein. Grobe Unterschiede konnten durch den ähnlichen Aufbau der beiden Röntgenabteilungen, Medizinische Universitätskliniken und Krankenhaus rechts der Isar, in denen nur ausgebildete Röntgenologen tätig sind, von vornherein nicht erwartet werden. Der grössere Unterschied bei Lungendurchleuchtungen, ausgedrückt im Verhältnis 1:3, könnte seine Ursache in den inzwischen berichtigten Eichwerten für Argon-Druckkammern haben, die bei S e e l e n t a g zu höheren Dosiswerten führten. (32) Die im umgekehrten Sinne abweichenden Verhältnisse bei den Knochenaufnahmen der unteren Körperpartie müssen mit der verschiedenen Einblendungstechnik erklärt werden.

Im Gesamten gesehen gleichen sich die einzelnen, für unsere Fragestellung relativ geringen Differenzen wieder aus. Dies kommt im mittleren Verhältnis von 1:1,2 zum Ausdruck. Die geringen Abweichungen spielen für die Berechnung der Belastung des Bevölkerungsdurchschnittes kaum eine Rolle. Deshalb konnten mit gutem Recht

für die fehlenden eigenen Dosiswerte die in oben genannter Quelle angegebenen verwendet werden.

4.1. Berechnung und Abschätzung der gesamten Strahlenbelastung im Allgemeinen Krankenhaus rechts der Isar, München.

Zur weiteren Berechnung der Strahlenbelastung der Gesamtbevölkerung dienen die Tabelle 16 für das allgemeine Krankenhaus rechts der Isar und 17 für die Urologische Klinik rechts der Isar.

Die Reihenfolge der röntgenologischen Untersuchungsarten in Tabelle 16 ist der Tabelle 11 entnommen, wobei einige einzeln aufgeführte Untersuchungsarten zu übergeordneten Begriffen zusammengefasst sind, um die entsprechenden Werte nach *Seelentag u.M.* verwenden zu können (z.B. Schulter, Ellbogengelenk und Hand zu "oberer Extremität"). Die Untersuchungsfrequenzen für Männer und Frauen der einzelnen Altersgruppen, bei Männern 14-40, bei Frauen 14-35 und für beide Geschlechter 14-30 Jahre, sind ebenfalls der Tabelle 11 entnommen.

Nach diesem Frequenz-Dosis-Produkt sind Untersuchungen des Nierensystems, des Beckens und der Hüftgelenke, sowie des Oberschenkels bei Männern genetisch weitaus am bedeutsamsten. Ihnen folgen bei Frauen die Untersuchungen des Magen-Darm-Traktes und der LWS. Genetisch weniger bedeutend ist der Anteil der frequenzmässig an erster Stelle stehenden Thorax-Untersuchungen.

Tabelle 16. Berechnung der Gonadenbelastung am Krankenhaus re.d. Isar, München. Berechnung der Gonadendosis der nicht gemessenen Untersuchungsarten nach *Seelentag u.M.* Berechnung der Untersuchungsfrequenzen nach Tabelle 11, für Männer von 14-40, für Frauen von 14-35 Jahren. In Klammern Werte für Männer und Frauen von 14-30 Jahren.

Untersuchungsart bzw. unters. Organ	Dosen an den Gonaden in mr		Untersuchungs- frequenz pro 100 Patienten		Dosen an den Gonaden pro 100 Patienten im Krankenhaus in mr	
	M	F	M	F	M	F
Thorax-Durchl.	0,4	1,3	59 (46)	65 (60)	23,6 (18,4)	84,5 (78)
Thorax-Aufnahme d.v. oder seitl.	0,03	0,06	59 (46)	65 (60)	1,8 (1,4)	3,9 (3,6)
Thorax-Tomogramm d.v. oder seitl.	9	8	4 (2)	3 (3)	36 (18)	24 (24)

Untersuchungsart bzw. unters. Organ	M	F	M	F	M	F
Herz-Kymogramm	0,25	0,4	0,2 -	0,1 (0,2)	0,05 -	0,04 (0,08)
Ösophagus	4,7	5,2	0,2 (0,1)	0,5 (0,4)	0,9 (0,5)	2,6 (0,3)
Magen-Darm	14	150	6 (4)	7 (6)	84 (56)	1050 (900)
Dickdarm-Einlauf	255	440	1 (0,5)	1 (0,7)	255 (125)	440 (308)
Abdomenübersicht	49	48	6 (5)	6 (6)	294 (245)	288 (288)
Pyelogramm i.v. 195 oder retrograd	290	290	3 (2)	5 (5)	585 (390)	1450 (1450)
Cholezystographie	7	44	2,5 (2)	6 (5)	17,5 (14)	264 (220)
Beckenübers. o. 1668 Hüftgelenk	240	240	2 (1)	4,5 (4)	3336 (1668)	1008 (960)
LWS in 2 Ebenen	65	130	3 (2)	5 (4,5)	195 (130)	650 (585)
BWS in 2 Ebenen	4,5	6,8	3 (3)	2 (2)	13,5 (13,5)	14 (14)
HWS in 2 Ebenen	1	1,5	5 (4,5)	3 (3)	5 (4)	4,5 (4,5)
Tomogramm der WS	71	140	0,2 (0,3)	- -	14 (24)	- -
Schädel in 2 Eb.	1,1	1,7	27 (20)	14 (13,5)	30 (22)	24 (23)
Nasennebenhöhlen	2,2	3,3	13 (11)	3 (7)	29 (24)	10 (23)
Tomogr. d. Schäd. o. d. Nasennebenh.	12	18	0,3 (0,3)	3,3 -	4 (4)	59 -
Obere Extremität	1,4	0,6	13,5 (10)	12,5 (10)	19 (14)	7,5 (6)
Oberschenkel	524	400	6,4 (7,5)	0,6 (1,3)	3353 (3930)	240 (520)
Knie-U. Schenkel	1	1	23,4 (26,5)	11,9 (12,4)	23,4 (26,5)	11,9 (12,4)
Sprunggel.-Fuss	1	1	15 (8)	7 (8)	15 (8)	7 (8)
Zahnstatus (vollst.)	6,5	0,3	4 (3)	6 (5)	26 (19,5)	1,8 (1,5)

Die Gesamtbelastung der Gonaden ergibt sich also aus der Addition der Dosiswerte der einzelnen Untersuchungsarten und beträgt im

Allgemeinen Krankenhaus rechts der Isar pro 100 Patienten:

	Für Männer	für Frauen
	<u>8361 mr (6756)</u>	<u>5661 mr (5429)</u>
(In Klammern die Werte für die Altersgruppe 14-30 Jahre)		
Prozentualer Anteil der Krankenhausaufnahmen an der betreffenden Altersgruppe	mal 17,03% (7,55)	14,8% (14,65)
Anteil der Altersgruppe an der genetisch bedeutsamen Bevölkerung	mal 34,0% (26,9)	28,3% (21,2)
Zahl der Jahre, der diese Gruppe der Strahleneinwirkung ausgesetzt ist	mal 26 (16)	21 (16)
ergibt pro Kopf	<u>52 mr (22)</u>	<u>50 mr (27)</u>
Strahlenbelastung der Gonaden pro Kopf der genetisch bedeutsamen Bevölkerung und pro Generation in Krankenhäusern		<u>102 mr (49)</u>
Anteil der allgemeinen Krankenhäuser an den gesamten Krankenhausaufnahmen		mal 66,4%
Strahlenbelastung durch allgemeine Krankenhäuser		<u>68 mr (33)</u>

4.2. Berechnung und Abschätzung der gesamten Strahlenbelastung in der Urologischen Klinik, München.

Die Tabelle 17 zeigt denselben Aufbau wie Tabelle 16 und dient zur Berechnung der Gonadenbelastung durch die Urologische Klinik rechts der Isar. Die hohen Untersuchungsfrequenzen wurden bereits mit der engen Auswahl des Patientengutes im Sinne einer Fachklinik erklärt. Dass die röntgenologischen Untersuchungen des Nierensystems und des Beckenbereiches bedeutende Gonadendosen verursachen, ist schon bei Tabelle 16 vermerkt und erläutert worden. Da sich die Gonadenbelastung aus dem Frequenz-Dosis-Produkt ergibt, kommen, im Vergleich zu den bisherigen Werten, sehr hohe Dosiswerte zustande. Beim Pyelogramm i.v. und den Beckenübersichtsaufnahmen gehen sie weit über die gewohnte Größenordnung hinaus. Die hohe Gesamtbelastung des einzelnen Patienten verteilt sich natür-

lich auf den Bevölkerungsdurchschnitt entsprechend dem geringen Anteil an Krankenhausaufnahmen durch Urologische Kliniken.

Tabelle 17. Berechnung der Gonadenbelastung an der Urologie, Krankenhaus rechts der Isar, München. Berechnung der Untersuchungsfrequenzen nach Tabelle 12. Sonst wie Tabelle 16.

Untersuchungsart bzw. unters. Organ	Dosen an den Gonaden in mr		Untersuchungs- frequenz pro 100 Patienten		Dosen an den Gonaden pro 100 Patienten im Krankenhaus in mr	
	M	F	M	F	M	F
Übersichtsaufn. (beide Nieren)	49	48	82 (87)	87 (83)	4018 (4263)	4176 (3984)
Übersichtsaufn. (1 Niere)	49	48	25 (24)	29 (25)	1225 (1176)	1392 (1200)
Pyelogramm i.v. (beide Nieren)	195	290	62,5 (60)	64 (61)	12187 (11700)	18560 (17690)
Pyelogramm i.v. (1 Niere)	195	290	23 (18)	30 (27)	4485 (3510)	8700 (7830)
Beckenüber- sichtsaufn.	1668	240	30 (36)	13,5 (14)	50000 (60000)	3240 (3360)

Addiert man die Dosis-Werte der verschiedenen Untersuchungsarten, so ergibt sich eine Gesamt-Belastung pro 100 Patienten in der Urologischen Klinik:

	Für Männer	für Frauen
	<u>71915 mr (80649)</u>	<u>36068 mr (34064)</u>
Prozentualer Anteil der Kranken- hausaufnahmen an der betreffen- den Altersgruppe	mal 7,03% (7,55)	14,8% (14,65)
Anteil der Altersgruppe an der genetisch bedeutsamen Bevölkerung	mal 34,0% (26,9)	28,3% (21,2)
Zahl der Jahre, der diese Gruppe der Strahleneinwir- kung ausgesetzt ist	mal 26 (16)	21 (16)
ergibt pro Kopf für alle Krankenhausaufnahmen berechnet	<u>221 mr (120)</u>	<u>315 mr (168)</u>
	<u>625 mr (367)</u>	

Anteil der Urologischen Kliniken an d.ges.Krankenhausaufn. mal 1,4%
Strahlenbelastung durch urol.Kliniken 11 mr (6).

Der Anteil urologischer Kliniken an den gesamten Krankenhausaufnahmen ist in dem Bericht über das Bayer.Gesundheitswesen des Statistischen Landesamtes Bayern von 1956 (30) nicht enthalten und wurde von uns gleich dem für orthopädische Kliniken geschätzt und eingesetzt. Die Bruchzahlen sollen keine falsche Genauigkeit vortäuschen, sie wurden nur aus rechnerischen Gründen beibehalten.

5. Folgerungen zur Gesamtsituation.

Diese Werte über die durchschnittliche Belastung der genetisch in Frage kommenden Bevölkerung durch röntgendiagnostische Verfahren sind, da die Unterlagen des Bayer.Statistischen Landesamtes verwendet wurden, nur für Bayern gültig, bzw.für dieses Land verwendet. Die Verhältnisse dürften jedoch in ganz Deutschland ähnlich liegen.

Nimmt man demnach die hier gewonnenen statistischen Unterlagen und Messergebnisse als repräsentativ für allgemeine Krankenhäuser an, so werden durch diese Häuser innerhalb eines Generationsalters nach neuerer Definition (30) 68 mr, nach bisheriger Definition 33 mr pro Kopf der betreffenden Bevölkerungsgruppe verabreicht. Würden wir diese Werte für alle Krankenhäuser in Bayern als Bezugsbasis nehmen,so würde pro Kopf eine Gonadenbelastung von 102 bzw.49 mr erreicht.

Vergleichen wir diesen Wert mit dem von Seelentag u.M. angegebenen,so ergibt sich ein Verhältnis von 1:1,6 (1:1,6),wobei,die mannigfachen Fehlermöglichkeiten in Betracht gezogen,eine erstaunlich gute Übereinstimmung erzielt ist.Ein Hauptgrund dafür liegt wohl in der hochqualifizierten,röntgenologischen Einrichtung der verglichenen Kliniken.Es ist selbstverständlich fraglich,ob alle anderen allgemeinen Krankenhäuser nach Untersuchungsfrequenzen wie nach den Dosen an den Gonaden ähnlich günstige Voraussetzungen bieten.Solange noch keine weiteren Untersuchungsergebnisse vorliegen,sind wir jedoch gezwungen,unsere Werte als repräsentativ anzusehen.

Stellt man nach diesen Untersuchungen einen neuen Repräsentativ-Wert für die durchschnittliche Gonadenbelastung auf, so ergibt der Mittelwert aus dem oben angeführten Verhältnis 133 bzw.63 mr. In Beziehung zur natürlichen Grundstrahlung von 4,2r/35 Jahre bzw. 3,6r/30 Jahre gesetzt, würde diese Strahlenmenge 3,1% bzw. 1,8% der natürlichen Grundstrahlung betragen.

Auch die für die Urologische Klinik errechneten Werte müssen vorerst für Fachkliniken dieser Art als allgemeingültig angesehen werden, bis weitere Vergleichsmöglichkeiten gegeben sind. Die Berücksichtigung dieser Werte im vorläufigen Gesamtwert würde aber eine nur geringe Änderung desselben erbringen, wenn auch die Strahlenbelastung der Gonaden pro Kopf der Krankenhausaufnahmen etwa viermal so hoch ist wie in allgemeinen Krankenhäusern oder inneren Kliniken.

Angaben über die Röntgenstrahlen-Belastung der Bevölkerung durch die ambulante Praxis liegen noch nicht vor. Ebenso fehlen noch Untersuchungsergebnisse im Bereich der Röntgendiagnostik der Vielzahl der kleineren Krankenhäuser.

Diese beiden Quellen könnten noch einen entscheidenden Beitrag zur Sicherung des endgültigen Wertes der Belastung der Bevölkerung durch röntgendiagnostische Massnahmen leisten.

6. Zusammenfassung.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Strahlenbelastung der Bevölkerung durch röntgendiagnostische Massnahmen in Krankenhäusern. Untersuchungen dieser Art sind durch die Überlegung indiziert, dass eine zusätzliche Strahlenbelastung des modernen Menschen heute noch vorwiegend aus der Röntgendiagnostik kommt. Das Ausmass dieser Strahlenbelastung festzustellen ist deshalb eine wichtige Aufgabe.

Es wird, in Weiterführung der inzwischen in Deutschland aufgenommenen Untersuchungen am Beispiel eines allgemeinen Krankenhauses und einer urologischen Klinik ein Beitrag zu für unsere Verhältnisse gültigen Ergebnissen geleistet.

In den statistischen Erhebungen wurden die Röntgenleistungen nach Untersuchungsarten, Altersgruppen und Geschlechtern aufgegliedert und zu dem in gleicher Weise aufgegliederten Patientengut in Beziehung gebracht. Daraus ergeben sich bestimmte Untersuchungsfrequenzen, unter denen die für Thorax-Untersuchungen an erster Stelle stehen, ihnen folgen die der Knochen und des Abdomens. Die Untersuchungsfrequenzen liegen grössenordnungsmässig im Bereich der Zahlen, die für Universitätskliniken für Innere Medizin von S e e l e n t a g mitgeteilt wurden.

Die Frequenzwerte der Urologischen Klinik sind vergleichsweise

höher, was aus dem Charakter des Faches erklärt wird.

Schliesslich wurden für die wesentlichen Untersuchungsarten Messungen der Dosis an den männlichen Gonaden durchgeführt. Bei Aufnahmen der unteren Extremitäten und im Bereich des Beckens ergaben sich dabei höhere Werte, bei anderen Untersuchungen wie Lungendurchleuchtungen, Magen- und Dickdarm-Untersuchungen waren die Werte niedriger. Insgesamt waren unsere Messergebnisse denen von Seelentag u.M. doch so ähnlich, dass es gerechtfertigt ist, für nicht gemessene Untersuchungsarten und für die Belastung der weiblichen Gonaden die Werte von Seelentag einzusetzen.

Zur Berechnung der Strahlenbelastung des Patientendurchschnittes der einzelnen Alters- und Geschlechtsgruppen wurde aus den so gewonnenen Werten das Frequenz-Dosis-Produkt gebildet, das auch den Berechnungen der Gonadenbelastung des Bevölkerungsdurchschnittes zu Grunde gelegt wurde. Demzufolge ergibt sich eine zusätzliche Strahlenbelastung durch röntgendiagnostische Massnahmen, gerechnet pro Kopf der genetisch bedeutsamen Bevölkerung, von 102 mr, bzw. das Generationsalter von 14-30 Jahre genommen, 49 mr. Mit den bisherigen gleichwertigen Angaben darüber verglichen und das Mittel daraus gezogen, erhöhen sich diese Werte auf 133 bzw. 63 mr. Bis zum jetzigen Stand der Untersuchungen müssen diese Werte als repräsentativ für bayerische Verhältnisse angesehen werden. Es wird jedoch zu bedenken gegeben, dass es sich bei den zu den Berechnungen und Vergleichen herangezogenen Kliniken um Häuser handelt, die über gut eingerichtete und exakt arbeitende Röntgenabteilungen verfügen, was im Durchschnitt der Krankenhäuser nicht unbedingt erwartet werden kann.

Noch fehlen Beiträge aus dem Bereich der Röntgendiagnostik an kleineren Krankenhäusern und aus der ambulanten Praxis.

S c h r i f t t u m

1. Ardran G.M.: Brit.J.Radiol. 29(1956): 266
2. Ardran G.M. and Crooks H.E.:Gonad Radiation Dose from Diagnostic Procedures Brit.J.Radiol.30 (1957):295
3. Barnett E. and Bewley D.K.: Ovarian radiation during hysterosalpingographie J.Fac.Radiol.6 (1955):186.
4. Bewley D.K., Laws J.M. and Myddleton C.J.: Maternal and Foetal Radiation Dosage during obstetric Radiographic Examinations Brit.J.Radiol.30 (1957):286 ,
5. Billings N.S., Normann A. and Greenfield M.A.: Report UCLA 340 (1955)
6. Brit. Medical Research Council: The Hazards to Man of Nuclear and Allied Radiations, London 1956, dtsh.Übersetzg.Strahlenschutz-Schriftreihe des DRK 1956 Nr.2
7. Clayton C.G., Farmer F.T. and Warrik C.K. Radiation Doses to the foetal and maternal Gonads on obstetric Radiography during late Pregnancy Brit.J.Radiol.30 (1957):291.
8. Dietz W.: Vergleichende Dosismessungen am Ovar bei Röntgenaufnahmen des Beckens mit normaler und Hartstrahltechnik, bei Durchleuchtung des kleinen Beckens mit normalen Bedingungen und dem Röntgenbildverstärker Fortschr. Röntgenstr.85(1956):465
9. Hammer - Jacobson E.: Gonadedoser i Diagnostik Radiologi Ugeskr.for Laeger (1957)279
10. Hellriegel W.: Die Verteilung der Strahlendosis im Körper bei der Röntgenbestrahlung Strahlentherapie 100 (1956):153
11. Hodges F.J.: Publ.Health Rep.Wash.62(1957):1129
12. Hol R. und Koren K.: Schutzmessungen in der Röntgen-diagnostik mit Beziehung zu der mutativen Wirkung Acta radiol.44(1955):471
13. Jaeger R. und Stubbé H.: Strahlenschutzmessungen in medizinischen und technischen Röntgenbetrieben mit Berücksichtigung der Keimschädigungsgefahr Fortschr.Röntgenstr.58(1938):253

14. K l o t z E. und S e e l e n t a g W.: Untersuchungen zur Belastung der Keimdrüsen durch Hartstrahldiagnostik Fortschr.Röntgenstr. 1958 (im Druck)
15. K o l b o w H.: Dosisersparnis durch Anwendung härterer Strahlung in der Röntgendiagnostik als Ergebnis intravaginaler Dosismessungen Strahlentherapie 68(1940):620
16. K o r e n K. und M a v d a l S.: Acta radiol.48 (1957): 273
17. K ü h n G.: Welche Röntgenstrahlendosen erhalten die Generationsorgane der Patienten bei Röntgenuntersuchungen des Magen-Darmkanals Diss.Berlin 1941
18. L a r s s o n L.E.: Radiation Doses to Patients and Personnel in Modern Roentgen Diagnostic Work Acta radiol.46 (1956):680
19. L a u g h l i n J.S. and P u l l m a n I.:Gonade Dose produced by the medical use of X-Rays. in:Nat.Res.Council: The biological Effects of Atomic Radiation,Prelim.Ed.of section III.1957
20. L e m m e l G.: Strahlengefährdung des Kranken und des Arztes in der Röntgendiagnostik Fortschr.Röntgenstr.58 (1938):240
21. M a c G r e g o r W.G. and O l i v e r R.:Hysterosalpingography: to screen or not to screen Lancet 263(1952):563
22. M a r t i n J.: Med.J.Australia 2 (1955):806
23. M a r t i u s H.: Keimschädigungen durch Röntgenstrahlen Strahlentherapie 41(1931):47
24. N e e f f Th.C.: Toleranzdosen in der Röntgendiagnostik Fortschr.Röntgenstr.41 (1930):414
25. O s b o r n S.B. and S m i t h E.E.: The genetically significant Radiation Dose from the use of X-Rays in England and Wales Lancet London 270 (1956):949
26. P i c k h a n A.:Welche Strahlendosen dürfen bei der Röntgendiagnostik der weiblichen Zeugungsorgane nach den Ergebnissen der experimentellen Strahlen-genetik in erbbiologischen Sinne als unschädlich betrachtet werden? Fortschr.Röntgenstr.53(1936):901

27. P o p p e l M.H., J a c o b s o n H.G., S t e i n J.,
J e r r y G.J.: Permissible Dose Problems with special
Reference to Diagnostic Procedures Am.J.Roentgenol.77
(1957):138
28. R i t t e r V.W., W a r r e n S.R., P e n d e r g r a s s :
Roentgen Doses during Diagnostic Procedures
Radiology 59 (1952):238
29. S c i e n t i f i c C o m i t t e e on the Effects of
Atomic Radiation of United Nations: Die Verantwortung der
medizinischen Fachwelt bei der Anwendung von Röntgenstrahlen
und anderer ionisierender Strahlung
Röntgen-Blätter 10(1957):129
30. S e e l e n t a g W.: Zur Frage der genetischen Belastung
der Bevölkerung durch die Anwendung ionisierender Strahlen
in der Medizin Strahlentherapie 10,2 (1957)
31. S e e l e n t a g W.: Zur Messung und Abschätzung von
Strahlendosen in der Röntgendiagnostik
Fortschr.Röntgenstr.87 (1957):363
32. S e e l e n t a g W., v. A r n i m D., K l o t z E. und
N u m b e r g e r J.: Zur Frage der genetischen Belastung
der Bevölkerung durch die Anwendung ionisierender Strahlen
in der Medizin II.Teil: Messungen über die bei röntgendiag-
nostischen Untersuchungen an die Gonaden gelangenden Dosen
Strahlentherapie 10,2 (1958)
33. S t a n f o r d R.W.: Radiation Doses in radiographic
pelvimetry Brit.J.Radiol.24 (1951):226
34. S t a n f o r d R.W. and V a n c e J.: The Quantity of
Radiation received by the reproductive Organs of Patients
during Routine Diagnostic X-Ray Examinations Brit.J.Radiol.
28 (1955):266
35. T r o u t , D a l e E., K e l l y J.P. and C a t h e y G.A.:
The use of filters to control radiation exposure to the
patient in Diagnostic Roentgenology
Am.J.Roentgenol.67(1952):946
36. W e e n s H.S., C l e m e n t s M.D. and T o l a n J.W.:
Radiology 62 (1954):745
37. W i t t e E.: Welche Mittel gibt es, um bei diagnostischer
Verwendung der Röntgenstrahlen die Dosis zu vermindern?
Fortschr.Röntgenstr.47 (1933):312
38. Z i m m e r K.G.: Über Dosismessungen während Röntgendiag-
nostik Fortschr.Röntgenstr.51 (1935):418

An dieser Stelle möchte ich mich bei den Herrn Chefärzten Priv.Doiz.Dr.F. Ekert und Prof.Dr.F. May für die grosszügige Unterstützung meiner Untersuchungen an den von ihnen geleiteten Röntgenabteilungen bedanken.

Mein Dank gebührt vor allem Herrn Dr.W. Seelentag für seine Beratung und reichen Erfahrungen, die mir die Durchführung dieser Arbeit ermöglichten.

Ebenfalls danke ich Frl.G. Kolberg für ihre Mithilfe bei den Messungen und dem Institut für die Überlassung der mess-technischen Ausrüstung.

L e b e n s l a u f

Am 9.12.1933 wurde ich als Sohn des Kaufmanns Karl Faltenbacher und seiner Frau Maria, geb.Menhofer, in Rosenheim (Oberbayern) geboren. Dort besuchte ich die Volksschule und das humanistische Gymnasium. Mein Abitur machte ich 1953.

Mein Hochschulstudium begann zunächst an der Phil.Theol.Hochschule zu Bamberg mit dem Studium der Chemie. Nach zwei Semestern immatrikulierte ich mich an der Universität in München und bestand hier nach weiteren drei Semestern Medizinstudiums im Frühjahr 1956 das Physikum. Das erste klinische Semester verbrachte ich in Freiburg. Ohne Unterbrechung studierte ich dann in München bis zum Staatsexamen im Jahre 1959.

